

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-311022

(43) 公開日 平成7年(1995)11月28日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 1 B 11/24

識別記号

庁内整理番号

B

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平6-106769

(22) 出願日 平成6年(1994)5月20日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 水沼 守

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 古谷 史旺

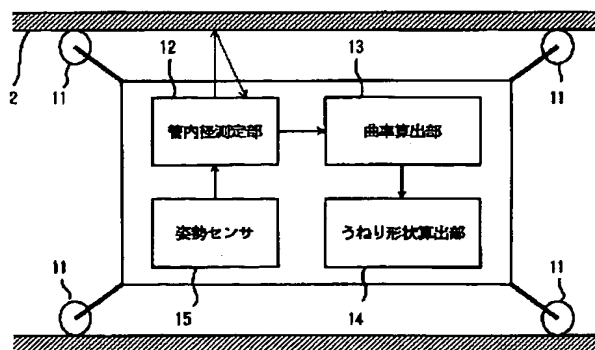
(54) 【発明の名称】 管路うねり形状測定装置

(57) 【要約】

【目的】 管内を走行しながら管内に光ビームを照射して管内径（半径）を測定する装置を用いて、曲がりくねった管路のうねり形状（管路の曲がり具合、蛇行）を測定する管路うねり形状測定装置を実現する。

【構成】 管内壁面上を走行する車輪に支持されて管内を移動し、管内壁面までの距離を測定する管内径測定部と、管内径測定部の測定値から管の所定の母線に沿った管内径の測定値を取り出し、その測定値をもとにその所定の母線上の各位置における曲率を算出する曲率算出部と、曲率算出部で得られた所定の母線上の各位置の曲率をもとに、所定の母線方向の管路のうねり形状を算出するうねり形状算出部とを備える。

本発明の管路うねり形状測定装置の基本構成



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 管内壁面上を走行する車輪に支持されて管内を移動し、管内壁面までの距離を測定する管内径測定部と、

前記管内径測定部の測定値から管の所定の母線に沿った管内径の測定値を取り出し、その測定値をもとにその所定の母線上の各位置における曲率を算出する曲率算出部と、

前記曲率算出部で得られた所定の母線上の各位置の曲率をもとに、所定の母線方向の管路のうねり形状を算出するうねり形状算出部とを備えたことを特徴とする管路うねり形状測定装置。

【請求項2】 請求項1に記載の管路うねり形状測定装置において、

管の水平方向のうねり形状を測定するための第1の母線と、管の垂直方向のうねり形状を測定するための第2の母線とを設定し、各母線上の各位置における曲率の算出から水平方向および垂直方向のうねり形状を算出する構成であることを特徴とする管路うねり形状測定装置。

【請求項3】 請求項1または請求項2に記載の管路うねり形状測定装置において、

装置全体がローリングしたときの回転角を検出する姿勢センサを備え、管内径測定部の座標軸をその回転角をもとに補正して管の所定の母線に沿った管内径の測定値を取り出す構成であることを特徴とする管路うねり形状測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、管内を移動しながら、管路のうねり形状（管路の曲がり具合、蛇行）を測定する管路うねり形状測定装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】管内径を測定する装置には、例えば、特開平4-279806号公報に記載の「光ビーム走査型距離測定装置」のように、回転鏡によって管内の全周方向に光ビームを照射して管内径を測定するものがある。

【0003】図6は、特開平4-279806号公報に記載の光ビーム走査型距離測定装置の構成を示す。図において、1は被測定管の一部断面を示し、2は管内壁面である。半導体レーザ61から出射されたレーザ光はレンズ62によってコリメートされ、回転走査ミラー63によって反射され、測定窓60から管内壁面2のC点に垂直に照射される。このC点には光ビームの光スポット（輝点）ができる。この光スポットからの散乱光の一部は、測定窓60から回転走査ミラー64に達して反射され、集光レンズ65によって集光されて二次元半導体位置検出素子（PSD）66の受光面上に結像される。

【0004】管内壁面2上にできた光スポットの位置とPSD66にできる像は所定の関係になる。したがって、PSD66の出力電流を測定することにより光ス

ットができた位置、すなわち半導体レーザ61とPSD66の受光面の中心を結ぶ軸から管内壁面2までの距離（以下「管内径（半径）」という。）を測定することができる。そして、この軸を回転中心として、モータ67により回転走査ミラー63、64を定速回転させることにより、管内全周方向についての管内径の測定が可能となる。ロータリエンコーダ68は、この回転を受けて回転走査ミラー63、64の回転角、すなわち光ビームの照射方向を検出する。

10 【0005】また、このような光ビーム走査型距離測定装置を図7に示すように車輪11で支持して管内壁面2上を走行させ、光ビームをらせん状に走査することにより管内径を連続的に測定することができる。また、このような光ビーム走査型距離測定装置を管内形状検査に応用した「走査型管内形状検査装置（特開平5-180627号公報）」もある。

【0006】しかし、いずれの装置においても被測定管の管内径（半径）を測定するものであり、管内から曲がりくねった管路のうねり形状を直接に測定することはできなかった。

【0007】一方、比較的大きな内径を有する管路のうねり形状を測定する装置として、センサ技術1992年7月号（vol.12, No.8）に記載の「小口径下水管内検査ロボット」がある。本装置は、レーザ光源から出射された光ビームを被検査管の管軸近傍に設定し、管内壁面上を走行する台車上に設置したテレビカメラによって光ビームのずれを測定することにより、管路のうねり形状を測定する構成になっている。これは、不陸蛇行計測システムと呼ばれている。

30 【0008】

【発明が解決しようとする課題】文献にある従来の不陸蛇行計測システムは、光ビームが到達する見通し範囲内で管路のうねり形状を測定することができる。しかし、光ビームが被測定管の全長を貫くことができない場合、例えば被測定管が大きく蛇行している場合には、見通し範囲ごとに基準となるレーザ光源を移動させなければならない。このとき、移動に伴うレーザ光源の相対的な位置関係および角度関係を高精度に測定する必要が生じるが、この技術については未だ確立されていない。

40 【0009】本発明は、管内を走行しながら管内に光ビームを照射して管内径（半径）を測定する装置を用いて、曲がりくねった管路のうねり形状を測定する管路うねり形状測定装置を提供することを目的とする。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の管路うねり形状測定装置は、管内壁面上を走行する車輪に支持されて管内を移動し、管内壁面までの距離を測定する管内径測定部と、管内径測定部の測定値から管の所定の母線に沿った管内径の測定値を取り出し、その測定値をもとにその所定の母線上の各位置における曲率を算出する曲率算出

部と、曲率算出部で得られた所定の母線上の各位置の曲率をもとに、所定の母線方向の管路のうねり形状を算出するうねり形状算出部とを備える。

【0011】また、管の水平方向のうねり形状を測定するための第1の母線と、管の垂直方向のうねり形状を測定するための第2の母線とを設定し、各母線上の各位置における曲率の算出から水平方向および垂直方向のうねり形状を算出する構成をとる。

【0012】また、装置全体がローリングしたときの回転角を検出する姿勢センサを備え、管内径測定部の座標軸をその回転角をもとに補正して管の所定の母線に沿った管内径の測定値を取り出す構成をとる。

【0013】

【作用】管内径測定部の測定値から管の所定の母線に沿った管内径の測定値を取り出す。母線上の各位置に対応する測定値には管の曲がり具合に応じた成分が含まれるが、その平均をとることによりその成分が相殺されて正規の管内径を割り出すことができる。管の所定の母線に沿った管内径の測定値から得られる管内径の平均値と、母線上の各位置における測定値との差をとることにより、その位置における管の曲がり具合を示す評価値（装置の車輪間に形成される弦の midpoint と管内壁面との距離）を算出する。これをもとに所定の母線上の各位置における曲率を算出することができる。そして、所定の母線上の各位置における曲率がわかれば、その母線に沿った管路のうねり形状を算出することができる。

【0014】少なくとも2本の母線を設定することにより、管の水平方向および垂直方向のうねり形状を算出することができる。また、本発明装置が管内走行に伴って回転しても、その回転角を自ら検出することにより所定の母線に沿った管内径を測定することができる。

【0015】

【実施例】図1は、本発明の管路うねり形状測定装置の基本構成を示す。以下、本発明の管路うねり形状測定装置を単に「装置」という。

【0016】図において、装置は管内壁面2上を走行す\*

$$(R(x) - h(x))^2 + (L/2)^2 = R(x)^2 \quad \dots(1)$$

が成り立つので、

$$R(x) = h(x)/2 + (L/2)^2/2h(x) \quad \dots(2)$$

となり、 $h(x)$  から点Bにおける曲率半径 $R(x)$  が求まる。また、曲率は、

$$1/R(x) = 2h(x)/(h(x)^2 + (L/2)^2) \quad \dots(3)$$

となる。

【0022】一方、 $h(x)$  は、管内径測定部12が測定する管内径 $m(x)$  から次のようにして求めることができる。まず、管内の全周方向にわたる管内径の測定値から、所定の母線に沿った管内径 $m(x)$  を抜き出してその平均をとり、その母線方向における管内径とする。それは、図2においてほぼ $GC'$  に等しくなる。これを $c$  とすると、

\* 車輪11に支持されて管内を移動する。装置には、管内径を測定する管内径測定部12と、管内径の測定値から管の所定の母線に沿った管内径の測定値を取り出し、その離散的な測定値から所定の母線上の各位置における曲率を算出する曲率算出部13と、所定の母線上の各位置の曲率をもとに所定の母線に沿った管路のうねり形状を算出するうねり形状算出部14が備えられる。なお、算出されたうねり形状は図外の表示部に表示する。

【0017】管内径測定部12は、従来の光ビーム走査型距離測定装置（特開平4-279806号公報）あるいは走査型管内形状検査装置（特開平5-180627号公報）を用いることができる。

【0018】また、装置がローリングしたときの回転角を検出する姿勢センサ15を備え、管内径測定部12の座標軸をその回転角をもとに補正する構成をとる。これにより、装置が移動に伴って回転することがあっても、管内径測定部12から所定の母線に沿った管内径の測定値を取り出すことができる。なお、姿勢センサ15は重力方向を決める重りとロータリエンコーダを用いた公知のものを利用することができる。

【0019】以下、管内径（半径）の測定値から管路うねり形状を算出する原理について説明する。まず、図2を参照して曲率算出部13における所定の母線に沿った曲率の算出原理について説明する。

【0020】図において、21は被測定管の1つの母線を示す。Gは管内径測定部12の測定点であり、その位置 $x$ で測定される管内径 $GC$ を $m(x)$  とする。A、A'は車輪11の位置、Bは弧AA'の midpoint、B'は弦AA'の midpoint、Cは測定点Gに対応する弧AA'上の点、C'は測定点Gに対応する弦AA'上の点である。Lは装置の全長、 $a$ 、 $b$ は測定点Gの位置を表す定数（ $a+b=L$ ）である。

【0021】いま、装置の車輪11を両端として張る弦の高さ $BB'$ を $h(x)$  とすると、この $h(x)$  を曲率の評価値として点Bにおける曲率半径 $R(x)$ （ $=OB$ ）を求めることができる。すなわち、 $\triangle AOB'$  について

$$CC' = m(x) - c \quad \dots(4)$$

となる。なお、管がその母線に沿って直線状になっている地点では $m(x) = c$  となる。

【0023】ここで、

$$AC' : CC' \cong AB' : BB' \quad \dots(5)$$

とみなすことができるので、

$$h(x) \cong (L/2a)(m(x) - c) \quad \dots(6)$$

となる。すなわち、管内径測定部12で測定される管内径 $m(x)$  から、所定の母線上の各位置の曲率の評価値 $h(x)$  を求めることができる。なお、管内径測定部12の測定点Gが装置中央にある場合（ $a = b = L/2$ ）には、(6) 式は、

$$h(x) \cong m(x) - c \quad \dots(7)$$

となる。

【0024】このようにして、管内径測定部12が測定した管内径 $m(x)$ から所定の母線に沿った平均値 $c$ を求め、さらに(6)式または(7)式を用いて $h(x)$ を算出する。そして、この所定の母線上の各位置の曲率の評価値 $h(x)$ を(3)式に代入することにより、その母線上の各位置における曲率 $1/R(x)$ を算出することができる。\*

$$\frac{1}{R(x)} = \lim_{P_i \rightarrow P_{i-1}} \frac{\theta(P_i) - \theta(P_{i-1})}{P_i - P_{i-1}} = \frac{\theta(P_i) - \theta(P_{i-1})}{x_i - x_{i-1}} \quad \dots(8)$$

【0027】と表すことができる。したがって、

$$\theta(P_i) = \theta(P_{i-1}) + (x_i - x_{i-1})/R(x) \quad \dots(9)$$

となる。これより、うねり曲線 $y = f(x)$ は、

$$\theta(x_i) = \theta(x_{i-1}) + (x_i - x_{i-1})/R(x) \quad \dots(10)$$

$$y(x_{i+1}) = y(x_i) + (x_i - x_{i-1})\theta(x_i) \quad \dots(11)$$

の計算を逐次行うことにより求めることができる。

【0028】次に、本発明装置を用いた実験結果を示す。図4は、被測定管の外観形状を示す。図において、被測定管40には、管の水平方向のうねり形状を測定するための第1の母線41と、管の垂直方向のうねり形状を測定するための管の稜線に相当する第2の母線42が設定される。aは被測定管40を上面からみた形状を示し、bは被測定管40を側面からみた形状を示す。被測定管40を7mごとに区切った各区間を①～⑤とすると、被測定管40は①、②で水平方向に大きく蛇行し、③で折れ曲がり、⑤で垂直方向にくぼんでいることを示す。なお、①は $R = 3.5$  m、②は $R = 10$  mである。

【0029】なお、装置が移動時に回転すると、被測定管40の座標軸と装置の座標軸がずれてくる。この場合には、姿勢センサ15によって検出される装置の回転角を用いて装置の座標軸を補正し、管内径測定部12から各母線に沿った管内径の測定値を取り出すようにする。すなわち、各母線に沿った管内径の測定は、装置からみると装置の回転に伴って測定方向が変化することになる。

【0030】図5は、被測定管40の区間①～⑤の測定結果を示す。図において、各区間の上段の測定結果は、第1の母線41に沿った管内径の測定値から得られた水平方向のうねり形状を示す。各区間の下段の測定結果は、第2の母線42に沿った管内径の測定値から得られた垂直方向のうねり形状を示す。なお、破線は被測定管の設計形状を示す。また、図に示す断面角度は、装置の座標軸における管内径の測定方向の角度を示す。各区間

\*【0025】次に、図3を参照してうねり形状算出部14における管路のうねり形状の算出原理について説明する。図において、管の所定の母線に沿ったうねり曲線を $y = f(x)$ とする。ここで、曲率の定義によれば、位置 $x_i$ における $y = f(x)$ の傾きを $\theta(x_i)$ とすると、

【0026】

【数1】

10 ごとに断面角度が変化するのは装置の回転を補正しているためである。

【0031】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の管路うねり形状測定装置は、管内を走行しながら管内径(半径)を測定する装置を用い、その測定値について所定の計算処理を施すことにより、曲がりくねった管路のうねり形状を簡単に測定することができる。また、本発明装置が管内走行に伴って回転しても、その回転角を自ら検出することにより所定の母線に沿った管内径を測定することができるので、管路のうねり形状を3次元的に高精度に測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の管路うねり形状測定装置の基本構成を示すブロック図。

【図2】曲率算出部13における曲率の算出原理を説明する図。

【図3】うねり形状算出部14におけるうねり形状の算出原理を説明する図。

【図4】被測定管の外観形状を示す図。

30 【図5】被測定管40の区間①～⑤の測定結果を示す図。

【図6】特開平4-279806号公報に記載の光ビーム走査型距離測定装置の構成を示す図。

【図7】光ビーム走査型距離測定装置の走行系の構成を示す図。

【符号の説明】

2 管内壁面

11 車輪

12 管内径測定部

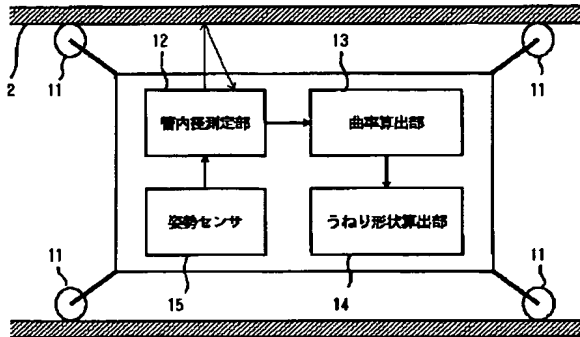
40 13 曲率算出部

14 うねり形状算出部

15 姿勢センサ

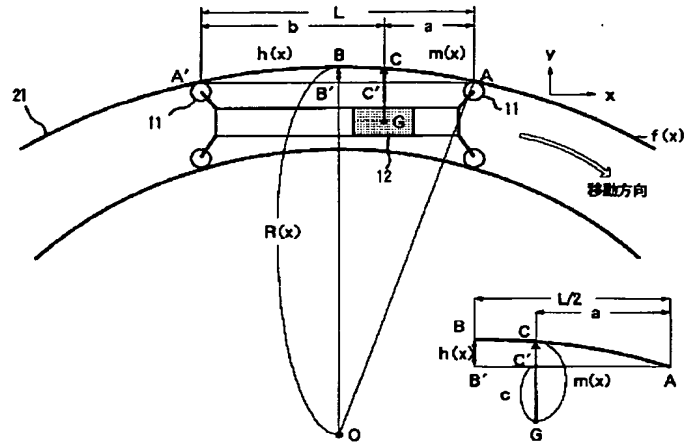
【図1】

本発明の管路うねり形状測定装置の基本構成



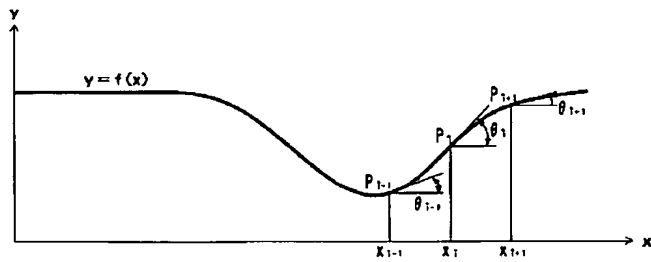
【図2】

曲率算出部13における曲率の算出原理を説明する図



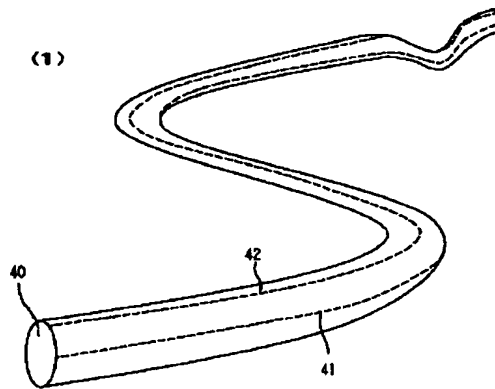
【図3】

うねり形状算出部14におけるうねり形状の算出原理を説明する図



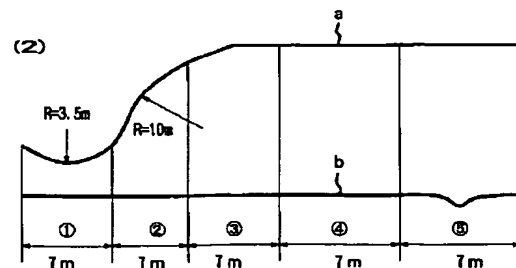
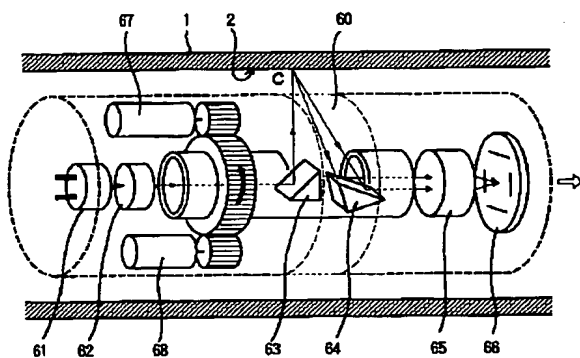
【図4】

被測定管の外観形状

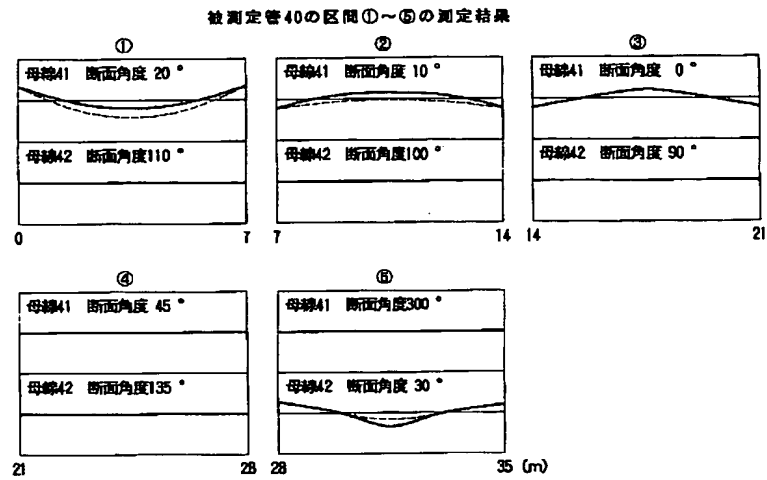


【図6】

特開平4-279806号公報に記載の光ビーム走査型距離測定装置の構成



【図5】



【図7】

光ビーム走査型距離測定装置の走行系の構成

